

# 14 | Kémiai vizsgálatok a környezeti nevelés érdekében

MURÁNYI ZOLTÁN

## ÖSSZEFOGLALÁS

A fejezet bemutatja a kémia helyét a környezeti nevelésben, a kísérlet szerepét a kémiában, illetve tágabban, a környezeti nevelésben. Rámutat arra, hogy a környezeti nevelést leginkább a természetet komplexitásában vizsgáló módszerek segítik, a környezetanalitikai vizsgálatok több szempontból sem illeszthetők be a hagyományos tanórai keretek közé. Ugyanakkor a projektek és a tematikus hetek lehetőséget teremtenek a tehetséges tanulók számára, hogy „valódi” kutatóhelyen dolgozhassanak. E lehetőség inspirációt jelent a szaktanár számára, és valódi kitörési lehetőséget az ígéretes fiatal tehetségek számára. Végül a tanulmány felhívja a figyelmet az ún. módszer-adaptációra, amely magába foglalja a teljes téma lebontását, kiterjed az egyszerűsítés menetére, az elméletre, a gyakorlati alkalmazásra, az értékelésre. Annak, hogy milyen, már adaptált módszert használ, csak a tanár leleményessége és teherbírása a meghatározója. Ugyanakkor alapvető fontosságú a lehetőségek és a célcsoport szintjének pontos felmérése, az alapvető oktatási cél szem előtt tartása is.

## 1. A KÉMIA HELYE A KÖRNYEZETI NEVELÉSBEN

A környezeti nevelés az oktatás minden szintjén minden tantárgy tanárainak közös feladata. Természetesen a különböző területek különböző módon és mértékben veszik ki a részüket a közös feladatból, és arányaik is változnak a tanulmányok előre haladtával. Minden tantárgy a maga sajátos fogalomkészletével, eszközrendszerével dolgozik, ugyanakkor a környezeti nevelés legfontosabb feladata, hogy a különböző szemléletmódok, és így átadott ismeretek a tanulók fejében egységes – környezettudatos – képpé szintetizálódjanak. A környezeti nevelés folyamatának leglényegesebb lépései tehát az érzelmi ráhangolás, a szakmai ismeretek átadása, a szintézis létrejöttének segítése. Az említett szintézis lehetősége, szükségessége alapvetően a terület interdiszciplináris jellegéből fakad, oktatásának legfőbb problémája ezen interdiszciplinaritás megjelenítésének nehézsége a széttagolt és egymással csak minimális mértékben összefüggő természettudományos tantárgyakra építve. Különösen

úgy, hogy a tanulmányi idő nagy részében nincs olyan tárgy, ami vállalni tudná az integrátor szerepkörét. Ezek miatt a környezeti nevelés hatékony összefogása leginkább csak új pedagógiai módszerek alkalmazásával, az egyes tantárgyak óra és tantermi keretein kívül látszik megvalósíthatónak.

A kémia tantárgy csak viszonylag későn lépett be a fent vázolt folyamatba, de jelentősége onnantól kiemelkedő fontosságú, hiszen élő- és élettelen környezetünk felépítésének, működésének leírása lehetetlen megfelelő kémiai ismeretek nélkül. A környezetet érő hatások vizsgálata javarészt analitikai feladat. Bizonyos mértékű kémiai ismeret a környezetismeret/természetismeret tantárgyakban is fellelhető, de a szisztematikus kémiatanulás a 7-10 osztályban zajlik, alapesetben a továbbiakban ezekre az ismeretekre lehet alapozni a környezeti nevelés támogatását.

A NAT (2003) a következőket írja erről: „A kémiai műveltség tartalmak elsajátítása során a legtöbbet használt természetes és mesterségesen előállított anyagok legfontosabb tulajdonságait, átalakulásait és felhasználásuk módját ismerhetjük meg. Figyelmet fordítunk a veszélyes anyagok és készítmények helyes kezelésének alapelveire is. A megfelelően megválasztott kémiai műveltség tartalmak tanítása és tanulása hozzájárulhat a környezetünkkel kapcsolatos felelős magatartás kialakulásához.

A három hagyományos természettudományi részműveltség-terület tanításának együttműködésben kell történnie, hogy a természetről formált kép egységes legyen, függetlenül attól, hogy a tanítás – a helyi tantervekben rögzítetten – diszciplináris, integrált vagy komplex tantárgyakban szerveződik.”

Megállapítható, hogy ezekkel ellentétben a kémia fontosságához és a neki szánt szerephez képest nagymértékben alulreprezentált a környezeti nevelés elméletében és gyakorlatában egyaránt. Horváth D. és mtsai. (2008) a „Természettudományi tankönyveink a környezeti nevelés szemszögéből” című munkájukban például húsz tankönyvet vizsgálnak, de ezek között egy kémia könyv sincs. Egy gimnáziumok számára kidolgozott környezeti nevelési mintaprogramban (BUDAYNÉ KÁLÓCZI I. és GYULAINÉ SZENDI É., 2004) a tantárgyak – tanórai keretek közötti – lehetőségeiről a következőket találjuk a kémia kapcsán:

A tanulók

- rendelkezzenek a környezetbiztonsághoz szükséges ismeretekkel,
- törekedjenek a környezettudatos magatartás kialakítására,
- legyenek képesek a környezeti elemek egyszerű vizsgálatára, az eredmények értelmezésére,
- ismerjék a környezetüket legjobban szennyező anyagokat, törekedjenek ezek használatának csökkentésére,
- ismerjék az emberi szervezetre káros anyagokat és ezek szervezetre gyakorolt hatásait, tartózkodjanak ezek kipróbálásától,
- értsék meg a különböző technológiák hatását a természeti és épített környezetre, valamint becsüljék meg ezek gazdasági hatásait.

## 2. A KÍSÉRLET SZEREPE A KÉMIÁBAN

Abból kiindulva, hogy a kémia nemcsak szerves része, de több szempontból alappillére a környezeti nevelésnek, a kísérletezés többé nem a kémiatanár „magánügye”, hanem a környezeti nevelés egyik leghatékonyabb és legmotiválóbb eszköze.

A kerettantervben jelentős hangsúlyt kapnak a következő – egész tantervet átható – alapelvek:

- az akadémikus tudás helyett a mindennapi élethez kapcsolódó tananyagszervezés,
- a tevékenységen keresztül megvalósuló képességfejlesztés,
- az élményszerű kémiatanítás igénye,

- a kísérletek és a modellezés kiemelt szerepe,
- a környezetvédelmi kérdések háttérének megvilágítása,
- a problémamegoldó feladatok,
- a számítástechnika alkalmazása,
- az írott és a szóbeli kommunikáció gyakoroltatásának előtérbe helyezése (FERNENGEL A., 2002).

Fenti elvek mindegyike egyértelműen odahat, hogy a kémia – és a kémiatanár – sokkal hasznosabb elemévé válhat(ott) a környezeti nevelés bázisának, mint korábban volt.

Mi is a kísérletezés célja?

A választ pl. LAZAROWITZ R. és TAMIR P. (1994) munkájában találjuk meg:

- a természettudományos fogalmak megértésének elősegítése, a tanulók szembesítése meglévő fogalmaikkal;
- olyan kognitív képességek fejlesztése, mint a problémamegoldás, a kritikus gondolkodás és a döntéshozatal;
- a gyakorlati képességek, köztük a kezűgyesség fejlesztése;
- a tudományos kutatás természetének, a tudományos módszerek sokszínűségének bemutatása;
- a tudományos kutatás alapvető fogalmainak kialakítása (például a probléma megfogalmazása és a hipotézisalkotás);
- tudományos viselkedésformák fejlesztése (például az objektivitás és a kíváncsiság);
- a természettudományok iránti érdeklődés felkeltése.

Milyen kísérleteket ismerünk?

A csoportosításnak több módja lehetséges, például

- a kísérletező személye szerint *tanári demonstráció*, illetve *tanulókísérlet* (egyéni, vagy csoportos);
- a didaktikai cél szerint *induktív* (új ismeretanyagot hordozó), *verifikáló* (már meglévő ismereteket alátámasztó), *motiváló* (fő célja a „kedvcsinálás”), anyag-, eszközismertet fejlesztő kísérlet,
- tartalma szerint *fizikai tulajdonságot* bemutató; *kémiai tulajdonságot* szemléltető;  *folyamatot, eljárást* szemléltető; anyagot előállító, *anyagismeretet* fejlesztő kísérlet,
- jellege szerint *minőségi*, vagy *mennyiségi* információt adó,
- a megvalósulás helye szerint *tantermi*, *laboratóriumi*, *terepi*.

Természetesen további szempontok alapján más csoportosítások is elvégezhetők.

Mik a kísérletezés lépései?

Azaz a problémamegoldás fázisai:

1. a probléma felvetése,
2. a hipotézisalkotás,
3. a kísérlet megtervezése,
4. a kísérlet elvégzése,
5. a megfigyelés, adatgyűjtés,
6. a következtetések megfogalmazása.

A séma gyakorlatilag a tudományos kutatás módszertanát követi. A jelentős különbségek abban vannak, hogy a tanulók mely fázisban vesznek részt aktívan.

Gyakran hangoztatjuk, hogy a kísérlet a természettudományok oktatásának sava-borsa! Ki vonná kétségbe a kísérletezés szükségességét? Meglepő módon azonban több vizsgálat eredményei is igazolták (DE JONG O., 1997), hogy a tanórai (tanári demonstrációs, illetve tanulói) kísérletek nem javítják érdemben a tanulók teljesítményét, és attitűdjét sem. Ennek lehetséges értelmezése, hogy a tanórai kísérletek fő (leggyakrabban egyetlen) célja a tudás átadása, nem pedig a természettudományos gondolkodásmód, és az önálló problémamegol-

dó képesség fejlesztése. Ezt támasztja alá a hazai kémiatankönyvek kísérleteinek vizsgálata, mely megmutatta, hogy a megjelenő kísérletek alig tíz százaléka kapcsolódik a mindennapok kémiájához, és mindössze nyolc százaléka mérőkísérlet (TÓTH J. és BODNÁR M., 2004).

Ezek az adatok egyértelműen mutatják, hogy az elemzett tankönyvek kísérletei kevéssé alkalmasak a környezeti nevelés támogatására. Hogyan tehető sokkal hatékonyabbá a kémiai kísérlet?

- A konstruktivista értelmezés szerint (DE JONG O., 1997) a tanulás dinamikus folyamat, amelyben a tanuló aktívan alakítja tudását az új ismeretek és a már meglévő tudás összevetésével. A kémiai kísérletek fontosságát az adja, hogy egyrészt lehetővé teszi új ismeretek, tapasztalatok szerzését, másrészt a már meglévő ismeretek elmélyítését. Erre azonban csak azok az ún. *problémafelvető kísérletek* alkalmasak, melyekben a kísérleti problémamegoldás bizonyos fázisait a tanuló végzi. Nyilvánvaló, hogy az ilyen kísérletek – különösen ha a tanulók már a korai szakaszban bekapcsolódnak a problémamegoldásba – nehezen tervezhetők, illetve nehezen kontrollálhatók, ezért a mindennapi rutinban igen kis százalékban jelennek meg.
- Ugyanakkor nyilvánvalónak látszik, hogy bizonyos pedagógiai módszerek magukban hordják a problémafelvető kísérletek szükségességét. Ilyen például a *projekt-módszer*, vagy a *módszeradaptáció*.

### 3. KÍSÉRLETEK A KÖRNYEZETI NEVELÉSBEN

Az fentebb leírt csoportosításokat figyelembe véve könnyen kiválaszthatjuk a környezeti nevelésben hatékony eszköznek ígérkező kísérleteket.

1. Tantermi: az anyagismeretet, kémia tulajdonságot, eljárást, folyamatot szemléltető, mennyiségi információt szolgáltató.
2. Terepi: mennyiségi információt szolgáltató.

Nyilvánvaló, hogy – különösen az utóbbi esetben – a problémafelvető kísérletet kell preferálnunk, lehetőleg valamely modern pedagógiai módszer keretrendszerébe illesztve.

#### ***Az anyagismeretet, kémiai tulajdonságot szemléltető kísérletek szükségessége***

A környezet megismerése, megértése nem lehetséges az azt felépítő anyagok szerkezetének, valamint e szerkezetből fakadó tulajdonságainak pontos ismerete nélkül. A környezetünk mindennapi anyagain kívül a kémia tárgykörébe tartozik a környezetre, egészségre leginkább káros anyagok bemutatása is – még akkor is, ha ez a veszélyesebb anyagok esetében csak közvetett módon valósulhat meg. A megfelelő anyagismeret teszi lehetővé az olyan sztereotípiák legyőzését, mint például a „toxikus nehézfémek” megbélyegző általánosítása (pl. a króm, vas, cink stb. a szervezet számára nélkülözhetetlen esszenciális nehézfémek), vagy annak a tévhitnek az eloszlatását, hogy egy bizonyos vegyületalkotó minden vegyületében egyaránt káros. (Pl. a higany(I)-klorid csak nagyon kevéssé mérgező, mert vízben/zsírban egyaránt rosszul oldódik, a higany(II)-klorid jó vízoldhatósága miatt a szervezetbe juthat és mérgező hatást fejthet ki, de könnyen ki is ürül a szervezetből, a metil-higany zsírban oldódó, így a szervezetben feldúsulva rendkívül mérgező hatású.) E kategóriában a kísérletet végző kémiatanár felelőssége, hogy a környezeti vonatkozásoknak megfelelő hangsúlyt adjon, a kísérletek válogatásánál lényeges szempont legyen a környezeti vonatkozásokkal (tanulásokkal) is bíró kísérletek preferálása.

Másik oldalról egy-egy környezeti probléma elemzésénél fontos információkat nyújthatunk, már meglévő ismeretet mélyíthetünk a probléma értelmezéséhez szükséges anyagismeret közlésével, kísérleti alátámasztásával. Az ilyen kísérletek javarésze rendkívül egyszerű, így nem kell hozzá föltétlenül kémia szaktanár (a konzultáció azonban sosem árt, különösen



a kísérletek balesetvédelmével kapcsolatban)! Kiemelt fontosságú a mindennapi vegyszereink ilyen jellegű bemutatása!

### **A folyamatot, eljárást bemutató kísérletek szükségessége**

A természetben lejátszódó folyamatokat modellező kísérletek általában jelentős egyszerűsítésekkel, a változások kiemelésével dolgoznak. Az ilyen kísérletek nagyban segíthetik a modellezett folyamat jobb megértését, a folyamatért felelős anyagok, változások szerepének tisztázását.

Ugyan ezek a kísérletek általában nagyobb instrumentációt, sokszor több időt, esetleg ügyességet igényelnek, mégis célszerű minél többet bemutatni közülük, hiszen a modellezett jelenség – és értelmezése – jobban rögzül, a kísérletet animációval is alátámasztva, speciálisan a kísérlethez készített feladatlapppal kiegészítve még jobb hatást érhetünk el. Néhány példa az ajánlott kísérletekre: a korrózió jelenségének bemutatása, lassító, gyorsító tényezők értelmezése; cseppkőképződés modellezése; savas eső keletkezésének modellezése; üvegházhatás modellezése, eltérő üvegházhatású gázok vizsgálata; ózon előállítása, bomlását előidéző anyagok hatásának szemléltetése.

Hasonlóan fontos a legjelentősebb ipari folyamatok modellkísérletének bemutatása, melyen keresztül lehetőségünk nyílik a környezeti hatások értelmezésére, valamint a hatásokért felelős anyagok megnevezésére. Néhány példa az ajánlott kísérletekre: kénsavgyártás, fémelőállítás (termít-reakció), nátrium-klorid-oldat higanykatódos elektrolízise, faszén előállítása, mészetetés, mészsoltás, cukor-oldat fermentációja, műsál (NYLON) előállítása stb.

### **Mérő kísérletek**

A mérés célja leggyakrabban valamilyen mennyiségi (analitikai) információ szerzése, de mérhetünk például reakciósebességet, hőmennyiséget, stb. A környezeti nevelés szempontjából ezek javarésze fontos, hiszen a természetbe kerülő anyagok átalakulási sebessége (azaz perzisztenciája) a legjellemzőbb adatok egyike, vagy a legkülönbözőbb éghető anyagok (pl. hulladékok) fűtőértéke jelentős minősítő paraméter. Ezek jelentősége azonban eltörpül a mennyiségi analitikai vizsgálatoké mellett.

A környezetet érő hatások mindaddig felfoghatatlan, értelmezhetetlen „fantomként” élnek a tanulók fejében, míg a számszerű eredményeket nem ismerik meg, és nem képesek értelmezni. Az önállóan végzett analitikai vizsgálatok számszerű eredményei összekapcsolódva a látott hatással kialakítják a számadatok értelmezésének, értékelésének képességét legyen a vizsgálat akár milyen egyszerű is.

### **Az analitikai vizsgálat**

Az analitikai vizsgálat célja szerint beszélünk *minőségi (kvalitatív)* és *mennyiségi (kvantitatív)* meghatározásról, az alkalmazott módszer alapján *klasszikus* és *műszeres* technikákról. A környezeti vizsgálatok legáltalánosabb célja bizonyos szennyezők kimutatása, valamint mennyiségük meghatározása, esetleg a mennyiség időbeli változásának követése. Ezen vizsgálatok kiterjednek a levegőre, vízre, talajra és az élőlényekre.

Mint arra már a korábbiakban utaltunk, a kémia legfontosabb megjelenése a környezeti nevelésben a környezet állapotának felmérését, illetve a változások monitorozását lehetővé tevő környezetanalitika. A vizsgálatok megtervezése a problémafelvető kísérletezés tipikus esete, a tanuló fejlődése egy ilyen feladat végrehajtása során a kerettanterv már idézett célkitűzései közül szinte minden területen bekövetkezik.

A kérdés csak az, hogyan hajtsuk végre a kitűzött vizsgálatokat. Néhány javaslatot leírunk az alábbiakban.

A terepi mérések előtt célszerű tantermi (laboratóriumi) körülmények között is elvégezni a vizsgálatot, különösen abban az esetben, ha klasszikus módszert alkalmazunk. Ha tehetjük, a terepi mérőeszközöket is próbáljuk ki „otthon”. Ha nem sikerül a mérés, a ku-

darcélmény hosszú időre elveheti a tanulók kedvét. A terepi munkát pergőbbé teszi, ha a vizsgálatot végző tanulónak van gyakorlata.

Célszerű előre megbeszélni a jegyzőkönyv formátumát, a mindenképpen rögzítendő adatokat, körülményeket.

Fontos, hogy a csoport tagjainak egyértelmű feladatai legyenek.

Az analitikai folyamat leglényegesebb momentuma a mintavétel, ezért erre különös hangsúlyt kell fordítani.

A mérési eredmények magukban nem jelentenek semmit, az eredmények kiértékelése, más adatokkal való összevetése, jelentésének értelmezése a folyamat elhagyhatatlan része!

### ***A mérőeszközök***

Azt, hogy milyen eszközöket használunk, elsősorban anyagi lehetőségeink határozzák meg. A legkényelmesebb megoldást azok a kompakt elemzőkészletek jelentik, melyek nagy változatosságban kaphatók a piacon (Visocolor, Aquanal, stb.). Az ilyen „kofferlaborok” általában tematikusan víz-, vagy talajanalízisre alkalmasak, egy minimális vízvizsgáló koffer 5-7 paraméter vizsgálatára alkalmas, egy adag reagens kb. 50 mérésre elegendő. A legegyszerűbb vizsgálatok esetében a kiértékelés színskálához viszonyítva történik. Szintén színreakción alapuló tesztcsíkokat komponensenként is vásárolhatunk igény szerint. A pontosabb mérést lehetővé tévő készletek általában fotometriás módszerrel, vagy elektrokémiai érzékelőkkel dolgoznak, de ezeket csak a különleges helyzetben lévő iskolák tudják megvásárolni. Aki ilyen készletet szándékozik venni, sok ajánlat közül választhat, de a választást érdemes jól megfontolni.

Ha nem tudunk ilyen készleteket, vagy tesztcsíkokat vásárolni, néhány vizsgálatot bürettával és nem túl drága mérőoldattal is elvégezhetünk. Ilyen a vízkeménység, az oldott oxigén-tartalom, vagy az esővíz savasságának meghatározása. Egy akvárium pumpa és megfelelő abszorbens oldat segítségével levegőszennyezőket is mérhetünk. Némi ügyességgel a gyorsesztek többsége „lekoppintható.” A színreakciókhoz szükséges anyagok ugyan drágák, de megvásárlásukkal több évre megteremtjük a labor működőképességét! Ha sikerül egy használt fotométerhez jutni, sokkal pontosabb mérésekre leszünk képesek (persze nem terepi körülmények között).

Egy további lehetőség, hogy úgy „játszunk” a reagensek koncentrációjával, hogy csak akkor kapjunk látható változást, ha egy komponens mennyisége a határérték fölött van. Az ilyen ún. félkvitatív vizsgálatok házilag összeállíthatók, vegyszer- és eszközigényük nem nagy<sup>8</sup>.

## **4. A KÖRNYEZETANALITIKAI VIZSGÁLATOK LEHETSÉGES KERETEI**

Mint ahogy arra már utaltunk, ez a tevékenység több szempontból sem illeszthető könnyen a hagyományos tanórai keretek közé. Vannak azonban olyan egyéb formák, amelyek mintha erre a célra születtek volna! Ilyenek a *projektek*, a *tematikus hetek*, valamint új, és nagyon hasznos kezdeményezés a *KUTDIÁK*, mely lehetőséget teremt a tehetséges tanulók számára, hogy „valódi” kutatóhelyen dolgozhassanak, továbbá ráérezhessenek az ilyen munka ízére. Az ilyen lehetőség inspirációt jelent a szaktanár számára, és valódi kitörési lehetőséget az ígéretes fiatal tehetségek számára.

Egy szintén kevésbé ismert lehetőség a *módszeradaptáció*, ami – definíciója szerint – tudományterületeken átívelő, többcélú pedagógiai rendszer, amely bizonyos alpmódszerekből a célok meghatározása után az adaptáció segítségével tágabb felhasználási területek számára alkot alkalmazható módszereket<sup>9</sup>. A módszeradaptáció célja, hogy alkalmazható alpmódsze-

rek megismertetésével betekintést engedjen a természeti rendszerek vizsgálatába, ugyanakkor a fejlessze a gyakorlati készségeket.

Bármilyen kutatási metodikát nevezhetünk *alpmódszernek*, amelyből készíthetünk módszeradaptációt. Az *adaptációs rendszer* az egész folyamat leglényegesebb eleme, mely során egy tudományos kutatás metodikájából megszületik a diákok által érthető és alkalmazható módszeradaptáció. Magába foglalja a teljes téma lebontását, mely kiterjed az egyszerűsítés menetére, az elméletre, a gyakorlati alkalmazásra, az értékelésre.

Az elméleti ismeretek áttekintése, megtanulása és megértése után ezeket át kell ültetni a gyakorlatba. A kivitelezés során történik az adaptált feladat kivitelezése, azaz a kialakított rendszer szerint elvégezzük a méréseket, megfigyeléseket. Általában az a helyes eljárás, hogy az elmélet átadása tanteremben, a gyakorlat pedig laboratóriumban vagy terepen történik. A folyamat teljessé tétele az eredmények értékelésével, következtetések levonásával zárul.

- A folyamatban továbbra is a tanár a legfontosabb elem, de szerepe jelentősen átalakul a klasszikushoz képest: a tanár feladata:
- a helyes adaptáció elvégzése,
- az elméleti alapok átadása,
- a gyakorlat során a helyes és pontos munkavégzés megkövetelése,
- az helytálló következtetések levonásának segítése (lehetőleg a háttérből!)

Mikor, hogyan használhatjuk? A módszer előnyei nyilvánvalóak, mégis célszerű néhány kulcsszó kiemelése, ilyenek:

- természettudományos gondolkodásmód kialakítása, fejlesztése,
- az interdiszciplináris szemléletmód erősítése,
- önálló munka, együttműködés kompetenciájának fejlesztése,
- pozitív attitűd kialakítása,
- komplex problémamegoldó gondolkodás fejlesztése.

Annak, hogy milyen, már adaptált módszert használ (már futó projekthez csatlakozik), vagy milyen módszert adaptál, csak a tanár leleményessége és teherbírása a meghatározója. A környezeti nevelést leginkább a természetet komplexitásában vizsgáló módszerek segítik, ezért célszerű az iskolai, vagy akár regionális tanárközösségek együttműködésével megvalósuló adaptációk – továbbiakban is együttműködő – alkalmazása, de a módszer legnagyobb erőssége, hogy akár személyre szabott, kis tanulói csoportot, vagy egyént foglalkoztató is lehet. Alapvető fontosságú a lehetőségek és a célcsoport szintjének pontos felmérése, az alapvető oktatási cél szem előtt tartása.

## IRODALOM

BUDAYNÉ, KÁLÓCZI I., GYULAINÉ SZENDI É., 2004: Környezeti nevelési program gimnáziumok számára. In: *Segédlet az iskolák környezeti nevelési programjának elkészítéséhez*. 36–55 o.

DE JONG, O., 1997: *Problem-posing experiments in chemistry classrooms: a study of teaching dilemmas*. 4th ECRICE, York.

FERNENGEL A., 2002: A kémia tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai. *Új Pedagógiai Szemle* 9. sz., (<http://www.ofi.hu/tudastar/tantargyak-helyzete/kemia-tantargy-helyzete> – 2015. márc. 6-án megtalálható)

HORVÁTH D., VARGA A., VÖCSEI K., G. S. DE CARVALHO, 2008: Természettudományi tankönyveink a környezeti nevelés szemszögéből. *Új Pedagógiai Szemle* N3. 40–62.

LAZAROWITZ, R., TAMIR, P., 1994: Research on using laboratory instruction in science. In: Gabel, D. (szerk.): *Handbook of research on science teaching and learning*. MacMillan, New York. 94–128.

MILTNER Zs., 2007: *A módszeradaptáció és alkalmazása a természettudományok oktatásában és a környezeti nevelésben (gyakorlati példák bemutatásával)* Új Pedagógiai Szemle 2. sz.

MURÁNYI Z., OLDAL V., RÁCZ L., 2000: *A newly-assembled set applicable to study circles aimed at examining the quality of air.* 16<sup>th</sup> International Conference on Chemical Education, kiadv. Bp. 209.

NAT (2003): 243/2003. (XII. 17.) Kormány Rendelet a Nemzeti Alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról.

TÓTH Z., BODNÁR M., 2004: Kísérletek a kémia tankönyvekben. *Iskolakultúra* 1. 106–112.